

Laura Lintulahti, Hanna Saarenketo, Pieta Törmä

# Materiaalikartoitus 3D-röntgenkuvantamisen tarpeisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Hammasteknikko (AMK)

Hammastekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Laura Lintulahti, Hanna Saarenketo ja Pieta Törmä Materiaalikartoitus 3D-röntgenkuvantamisen tarpeisiin  24 sivua + 1 liite Kevät 2013
Tutkinto	hammasteknikko (AMK)
Koulutusohjelma	hammastekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	hammastekniikka
Ohjaaja(t)	lehtori Jarno Niskanen yliopettaja Pekka Paalasmaa
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, mikä muotoiltava materiaali näkyy parhaiten 3D-röntgenkuvassa ja mistä voi tehdä diagnostisen mallinnuksen eli proteettista työtä kuvaavan suunnitelman kipsimallille. Tulevaisuudessa kartoituksessa löydettyä materiaalia voidaan hyödyntää implanttihoidon suunnittelussa.</p> <p>Kartoitukseen valittiin muotoiltavia materiaaleja, jotka ovat hammasalalla yleisesti käytettyjä, kustannustehokkaita ja helposti saatavissa. Kartoitukseen valittiin myös päivittäisessä käytössä olevia muotoiltavia materiaaleja, jotka olisivat edullisia ja helposti saatavissa, mikäli niitä ei entuudestaan löytyisi hammaslaboratoriosta. Kokeellisessa tutkimuksessa materiaaleja kuvattiin OP300 3D-röntgenkuvauslaitteella PaloDEX Group Oy:n henkilökunnan kanssa. Materiaalit asetettiin kipsimallin päälle kuvauksen ajaksi ja niiden HU-arvoja verrattiin kipsin ja ilman HU-arvoon. Kuvien ja HU-arvojen avulla pääteltiin, mikä materiaaleista olisi sopivin käytettäväksi implanttihoidon suunnittelussa.</p> <p>Kartoituksen lopputulos oli yksiselitteinen. Materiaaleista muotoiltavuudeltaan sopivimmaksi erottui selkeästi materiaali A. Materiaali A on kartoituksen perusteella sopiva myös HU-arvoltaan ja erottuu näin 3D-röntgenkuvissa hyvin. Täten materiaalia voidaan tulevaisuudessa käyttää implanttihoidon suunnitteluvaiheessa tehtäessä diagnostista mallinnusta. Se voitaisiin kuvata 3D-röntgenlaitteella ja saadun kuvan avulla suunnitella implantin sijaintia ja suuntaa paremmin. Materiaalia on helppo käsitellä ja siitä pystyy hyvin muotoilemaan hampaan diagnostisen mallinnuksen. Materiaali A on myös hintansa perusteella sopiva materiaali implanttihoidon suunnitteluvaiheeseen.</p>	
Avainsanat	3D-röntgenkuva, cbct, kkt, implanttihoidon suunnittelu, muotoiltava materiaali, radio-opaakisuus, HU-arvo

Author(s) Title	Laura Lintulahti, Hanna Saarenketo ja Pieta Törmä Material Mapping for the Needs of CBCT
Number of Pages Date	24 pages + 1 appendix Spring 2013
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Dental Technology
Specialisation option	Dental Technology
Instructor(s)	Jarno Niskanen, Senior Lecturer Pekka Paalasmaa, Principal Lecturer
<p>The aim of this study was to investigate which formable material is best seen in Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and can be formed as a diagnostic model, in other words prosthetic work describing the plan for a stone model. The material found out in the study can be benefited in the planning of the implant care in the future.</p> <p>Cost effective and formable materials that are easily available and commonly used in the dental industry were chosen for this study but we also included some other materials which are not commonly used in dental industry. Also other materials outside of the commonly used materials in the industry were considered. In the experimental study the materials were x-rayed with OP300 3D X-ray machine together with the personnel of PaloDEX Group Ltd. The materials were laid on top of the stone model during the photo shoot X-ray session and the Hounsfield unit values were compared to the gypsum and air HU values. The conclusions of which material would best suit for the use of implant care were made with the help of the X-Rays and the HU values.</p> <p>The conclusions of the study were clear and unequivocal. The best material in reference to formability and HU values was clearly material A. Based on the study, material A's HU value is suitable for the purpose and this can be well distinguished in the CBCT. Therefore this material can be used in the future in the implant care planning phase while doing diagnostic modeling, which could be X-rayed and thus further exploit the location and direction of the dental implant with help of the X-ray. Material A is easy to process and its qualities in diagnostic modeling of a tooth are good. Furthermore, this material is an economical option for implant care planning.</p>	
Keywords	3D X-ray, CBCT, implant care, formable materials, HU value, diagnostic modeling

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yhteistyökumppani	2
3	Teoreettinen viitekehys	3
3.1	Implanttihoidon suunnittelu	3
3.2	3D-röntgenkuvantaminen	5
3.3	Materiaalien röntgenkuvausominaisuudet	7
4	Kartoituksen toteuttaminen	9
4.1	Tutkittavat materiaalit ja kuvantamislaitte	Error! Bookmark not defined.
4.2	Ensimmäiset testikuvaukset	Error! Bookmark not defined.
4.3	Toiset testikuvaukset	Error! Bookmark not defined.
5	Kartoituksen tulokset	Error! Bookmark not defined.
6	Yhteenveto ja pohdinta	11
	Lähteet	13
	Liitteet	
	Liite 1. Raportti (Liite poistettu)	

## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa, mitkä muotoiltavat materiaalit näkyvät 3D-röntgenkuvissa, työn tilasi Metropolia Ammattikorkeakoulun hammastekniikan koulutusohjelmalta PaloDEx Group Oy. Tavoitteena on tehdä kipsimallille proteettista työtä kuvaava suunnitelma eli diagnostinen mallinnus. Mallinnusta voidaan tulevaisuudessa hyödyntää implanttiproteetiikan suunnittelussa. PaloDEx Group Oy:n uuden teknologian avulla 3D-röntgenkuvat suunnittelumallista sekä potilaan suusta pystytään yhdistämään. Materiaalin, josta diagnostinen mallinnus toteutetaan, tulee olla helposti muotoiltavissa ja edullinen. Sen tulee myös erottua hyvin ilmasta sekä suunnittelumallista 3D-röntgenkuvissa. Kartoitus on salassapitosopimuksen alainen ja kaikki syntyneet tulokset ja tuotokset annetaan yksinoikeudella yhteistyöyrityksen käyttöön.

Kehitysprosessi mahdollistaa tulevaisuudessa implanttien istuttamisen leukaluuhun juuri oikealle paikalle ja oikeaan asentoon. Tämä helpottaa myös hammastekniikon työtä mahdollistaen toimivamman ja esteettisemmän implanttiproteesin valmistuksen. Kartoituksemme ja siitä seuraava tuotekehitys kehittää sekä hammaslääketieteen alaa että hammasteknistä alaa. Lopputuloksesta hyötyy myös potilas, sillä implanttihoidon kulmakivenä pidettyä suunnitteluvaihetta kehittämällä ja uutta teknologiaa käyttäen, mahdollistetaan potilaalle esteettisempi ja toimivampi lopputulos. Näin ollen kartoitus on ajankohtainen, tarpeellinen ja merkittävä.

Opinnäytetyö toteutettiin ottamalla 3D-röntgenkuvia etukäteen valituista materiaaleista. PaloDEx Group Oy asetti materiaaleille tiettyjä vaatimuksia, joiden rajoissa valittiin materiaalit ensimmäisiin testikuviin. Ensimmäisissä testikuvauksissa saatujen tulosten perusteella valittiin materiaalit toisiin testikuvauksiin. Kuvausten perusteella saaduista tuloksista tehtiin yritykselle tiivis raportti (ks. liite 1). Opinnäytetyössä perehdytään keskeisiin teoreettisiin käsitteisiin, joita ovat implanttihoidon suunnittelu, 3D-röntgenkuvantaminen ja materiaalien röntgenkuvantamisominaisuudet. Opinnäytetyössä kuvataan yksityiskohtaisesti testikuvausten kulku ja niistä saadut tulokset.

## 2 Yhteistyökumppani

Opinnäytetyön tilaaja ja yhteistyökumppanimme on PaloDEX Group Oy. Yhteyshenkilönä toimi yrityksessä Joonas Sandholm (Marketing Vice President). PaloDEX Group Oy toimii terveydenhuollon teknologian kansainvälisillä markkinoilla. Yritys valmistaa hammaskuvantamiseen tarkoitettua röntgentekniikkaa ja tarjoaa laadukkaita kuvantamisen ratkaisuja, jotka auttavat tekemään oikeita hoitopäätöksiä ja parantamaan hammashoidon tasoa ympäri maailman. Yrityksen tuotemerkit Soredex ja Instrumentarium Dental ovat tällä hetkellä maailmanlaajuisesti käytettyjä ja edustavat korkeaa teknologista osaamista. (PaloDEX Group n.d.)

PaloDEX Group Oy:n alkuvaihe sijoittuu vuoteen 1964, jolloin professori Yrjö Paatero keksi Orthopantomograph-panoraamaröntgenlaitteen, jonka ympärille perustettiin Palomex Oy. Instrumentarium-konserni osti Palomex Oy:n vuonna 1977. General Electric osti Instrumentarium-konsernin vuonna 2003 ja hammaslääketieteen kuvantamislaitteista tuli osa GE Healthcare-toimintaa. Hammaslääketieteen kuvantaminen erotettiin GE:stä vuonna 2005 ja PaloDEX Group Oy perustettiin jatkamaan tällä toimialalla. (The PaloDEX Group's history n.d.)

PaloDEX Group Oy:n Suomen toimipisteessä sijaitsee yhtiön tuotekehitys, laitteiston valmistus, markkinointi sekä myyntiorganisaatio. Yrityksellä on myös myyntiin keskittyneet toimipisteet Ranskassa, Saksassa, Italiassa ja Yhdysvalloissa. Näiden lisäksi yhtiön jälleenmyyjiä on yli 50 maassa ympäri maailmaa. (Company n.d.)

PaloDEX Group Oy tilasi kartoituksen, koska heillä itsellään ei ollut tuntemusta hammastekniikan alasta ja alalla käytettävistä materiaaleista. Kartoituksen avulla yrityksen tavoitteena on kehittää 3D-röntgenkuvauslaitteiden käyttömahdollisuuksia implanttihoidon suunnittelussa. Kartoituksessa selville saatua materiaalia käytetään diagnostiseen vahaukseen suunnittelumallille, jolloin se näkyy yhdistetyssä 3D-röntgenkuvassa ja sen avulla hammaslääkärin on helpompi arvioida implanttiruuvien sijainti ja suunta. Yritys on tilannut ja kustantanut kartoituksen, jonka vuoksi siitä syntyvät tulokset luovutetaan yksinoikeudella yritykselle. Emme luovuta kartoitukseen liittyvää materiaalia muille kuin yhteistyöyritykselle ja opinnäytetyön ohjaajille.

### 3 Teoreettinen viitekehys

3D-röntgenkuvantaminen on verrattain uusi ala ja siinä käytettävät 3D-röntgenkuvauslaitteet kehittyvät nopeasti. Laitteiden käyttömahdollisuuksien parantamiseksi ja monipuolistamiseksi tarvitaan uutta tietoa radio-opaakkisista, hammasalalla käytettävistä materiaaleista.

PaloDEX Group Oy määritti tarkasti tutkimuksen aiheen ja sitä koskevat ratkaisua vaille olevat kysymykset, joten opinnäytetyön teoreettiset käsitteet oli selkeästi rajattavissa. Ensimmäinen teoreettinen käsite opinnäytetyössä on implanttihoidon suunnittelu. Kartoituksessa löydettyä materiaalia käytetään implanttihoidon suunnittelu-vaiheessa, kun määritetään implanttiruuvien suuntaa ja sijaintia leukaluussa, joten implanttihoidon suunnittelun teorian ymmärtäminen on tärkeää. Toisena teoreettisena käsitteenä on 3D-röntgenkuvantaminen. 3D-röntgenkuvantaminen on osa implanttihoidon suunnittelua, ja se on yrityksen kehittämän uuden toimintamallin perusta. On siis tärkeää, että ymmärretään, miten röntgensäteilyä saadaan aikaan ja kuinka sitä voidaan käyttää hyväksi. Kolmas teoreettinen käsite on materiaalien röntgenkuvausominaisuudet. Materiaalien kartoittamisen helpottamiseksi on hyvä ymmärtää mikä materiaaleissa saa aikaan niiden näkymisen röntgenkuvissa.

#### 3.1 Implanttihoidon suunnittelu

Implanttikantoinen protetiikka on yleistynyt puuttuvien hampaiden korvaamisessa. Samalla implanttitöiden tekniset ja esteettiset laatuvaatimukset ovat kasvaneet. Onnistuneen hoidon tuloksena on lujasti osseointegroitunut, esteettinen sekä foneettisesti ja mekaanisesti hyvin toimiva proteesi. Hoidon onnistuminen edellyttää implantin optimaalista sijaintia alveoliharjanteessa. Onnistunut lopputulos vaatii tarkan ja perusteellisen suunnitteluvaiheen, jonka perustana on lopullinen proteesi. Suunnittelun tulee lähteä tulevien proteesihampaiden muodosta, sijainnista ja käytettävissä olevasta alveoliharjanteesta. Nämä seikat huomioiden valitaan implanttiruuvien sijainti ja asento leukaluussa. (Peltola – Turunen 4/1996: 4–9.)

Implanttiruuvin asetussyvyyttä suunniteltaessa on otettava huomioon purennassa oleva tila vastapurijaan nähden. Käytettävissä oleva mesio-distaalisuuntainen tila vaikuttaa ruuvin valintaan, lisäksi erityisesti esteettisellä alueella tulee varoa liian fasiaalista sijaintia. Implanttihoito on ennen kaikkea proteettista hoitoa ja se tulee suunnitella proteettisten tarpeiden mukaan. (Lakoma 5/2011: 17.)

Implantin oikea sijainti vaikuttaa myös proteettisen työn valmistamiseen. Kerrostetuissa keraamisissa töissä keramian paksuuden tulee olla vähintään 0,8 mm, mieluiten 1,5 mm. Esteettisen lopputuloksen aikaansaamiseksi tekniselle työlle tulisi jäädä tilaa mieluiten 2,2 mm etenkin fasiaalisesti, mutta myös muihin suuntiin. (Hohmann – Hielscher 2004: 73; Yamamoto 1985: 25.) Esimerkiksi prässättävällä keramialla toteutettavissa töissä tulee tilaa olla vähintään 1 mm kauttaaltaan, okklusaalisesti mieluiten enemmänkin, jotta saavutetaan riittävä kestävyys (IPS E.max Press 2009).

Implanttihoidon suunnittelu perustuu kliiniseen, radiologiseen ja kirurgiseen tutkimukseen. Proteetikon tehtävänä on tutkia mahdollisen jäännöshampaiston kunto ja purennan toiminta. Perinteisesti käytettävissä olevan luun määrä, muoto ja laatu on selvitetty panoraama- ja poikittaistomografian avulla. Tavanomaisen kliinisen tutkimuksen ja perinteisten röntgenkuvien perusteella kirurgin on hyvin vaikeaa asettaa fikstuuraa eli implanttiruuvia oikeaan asentoon tuleviin proteesihampaisiin nähden, varsinkin jos puuttuvia hampaita on enemmän kuin yksi. (Peltola – Turunen 4/1996: 4–9.)

Perinteisesti suun alueen röntgenkuvantaminen on tapahtunut intraoraali- ja panoraamakuvauksen avulla. Intraoraalikuvauksessa kuvautuva alue on varsin rajallinen, sillä kuvareseptori on potilaan suussa. Näillä kuvausmenetelmillä saatu kuva on kaksiulotteinen. Hampaiston ja leukojen alueen monimutkaisten rakenteiden vuoksi tarvitaan kolmiulotteista kuvantamista. Kolmiulotteinen röntgenkuvausmenetelmä, kartiokeilatietokonetomografia, on osoittautunut tarkaksi ja luotettavaksi menetelmäksi hammasimplanttihoidon suunnittelua varten tehtävissä mittauksissa. (Suomalainen 2010.)

Kipsimallit ovat hyödyllisiä implanttihoidon suunnittelussa. Niiden avulla voidaan arvioida purentasuhteet sekä tila hammaskaarella. Diagnostisen vahauksen avulla on helppoa hahmottaa esimerkiksi useamman hampaan sillan hammasjakoa sekä välisien sijaintia. Kipsimallien pohjalta voidaan tehdä myös kirurginen ohjuri, joka helpottaa implantin asettamista oikeaan kohtaan. (Lakoma 5/2011: 17.)



Ennen 3D-kuvantamistekniikan kehittymistä hammasteknikon läpinäkyvästä muovista valmistamaa ohjuria voitiin käyttää hyödyksi suunnitteluvaiheessa ympäröimällä tuleva proteettinen hammas lyijynauhalla panoraama- ja poikittaistomografiakuvauksiin. Näin panoraamakuvasta nähtiin hampaan mesio-distaalinen keskiviiva ja poikittaistomografiakuvasta kruunun ja sen alla olevan alveoliharjanteen suhde. (Peltola – Turunen 4/1996: 4–9.)

PaloDEX Group Oy:n uuden teknologian ja Metropolia Ammattikorkeakoulun tekemän kartoituksen avulla implanttihoidon suunnitteluvaiheista saadaan tarkempia ja helpommin toteutettavia. Kipsimallille pystytään muotoilemaan helposti muovautuvasta materiaalista proteettisen työn suunnitelma. Mallista otettu 3D-röntgenkuva voidaan yhdistää potilaan suusta otettuun kuvaan ja näin pystytään määrittelemään hammasimplantille oikea paikka leukaluussa, ottaen huomioon leukaluun paksuus ja muoto sekä proteettisen työn vaatimukset. (Sandholm 2012.)

### 3.2 3D-röntgenkuvantaminen

Röntgensäteilyä synnytetään röntgenkoneella, jonka tärkein osa on röntgenputki. Röntgenputkessa kiihdytetään elektroneja, jotka anodiin osuessaan hidastuvat ja lähettävät lyhytaaltoista sähkömagneettista säteilyä eli röntgensäteilyä. Anodi on röntgenputkessa tavallisesti massiivinen kuparikappale, jonka katodin puoleiseen päähän on kiinnitetty pieni volframikappale, putken kohtio. Kuparin lämmönjohtokyky on hyvä ja volframilla puolestaan on korkea sulamispiste. Katodi muodostuu volframilangasta kierretystä kierukasta ja sitä ympäröivästä elektronisuihkua suuntaavasta laitteistosta. (Hiltunen ym. 2009: 541–542.)

Kun volframikierukkaa hehkutetaan voimakkaalla virralla, siitä irtoaa eli emittoituu elektroneja ja sen ympärille syntyy elektronipilvi. Anodin ja katodin välillä vallitsee suuri jännite, joka on suurempi kuin 10kV. Elektronit kiihtyvät anodin ja katodin välisessä sähkökentässä, jossa ne saavuttavat suuren nopeuden ennen törmäämistään anodiin. Kun elektronit hidastuvat törmätessään anodiin, lähettävät ne röntgensäteilyä. Röntgensäteilyä syntyy, kun elektroni kulkee ytimen läheltä ja kääntää suuntaansa, tällöin puhutaan jarrutussäteilystä. Jarrutussäteilyssä elektronin nopeus hidastuu ja

vapautuu röntgensädekvantti. Röntgensäteilyä syntyy myös, kun elektroni törmää anodiaineen atomin sisäkehän elektroniin ja siirtää tämän ulommalle kehälle. Elektronin palautuessa sisäkehälle vapautuu energiaa eli röntgensäteilyä. Tällaisesta röntgensäteilystä puhutaan myös nimellä anodiaineelle tyypillinen ominaissäteily. (Kormano – Laasonen – Soimakallio – Standertskjöld-Nordenstam – Suramo 1998: 15.)

Kartiokeilatietokonetomografia eli 3D-röntgenkuvantaminen (KKTT, CBCT) on yksi röntgenologisista tutkimusmetodeista. Yleisesti röntgenkuvantamisella ja etenkin kartiokeilatietokonetomografialla on keskeinen osa suun alueen sairauksien diagnostiikassa ja hammaslääketieteellisen hoidon suunnittelussa. (Technical description of CBCT 2009.) Kaikkien radiologisten tutkimusten tulee perustua kliiniseen epäilyyn ja niillä tulee pyrkiä saamaan vastauksia merkittäviin klinisiin kysymyksiin (Gröndahl – Petersson – Suomalainen 4/2009: 20).

Kerroskuvantamista eli tomografiakuvantamista voidaan tehdä kolmella eri tekniikalla; tavanomaisella-, tietokone- ja kartiokeilatietokonetomografialla. Kartiokeilatietokonetomografiassa käytetään kartiomaista säteilykeilaa, jonka keskus liikkuu tutkittavan kohteen ympäri. Kohteen läpi kulkevat röntgensäteet siirtyvät ilmaisimeen, joka mittaa säteilyn voimakkuuden. Ilmaisimesta saatu informaatio siirtyy tietokoneeseen, joka laskee leikekuvien aksiaali-, frontaali- ja sagittaalisuunnat eli päätteelle kuvantuu kolme toisiinsa kohtisuorassa olevaa tasoa. Tietokoneen avulla kohteesta voidaan näiden tietojen avulla tehdä kolmiulotteisia kuvia, joita voidaan tarkastella useasta eri suunnasta. (Gröndahl – Gröndahl 3/2010: 34.)

CBCT on osoittautunut tarkaksi ja luotettavaksi menetelmäksi hammasimplanttihoidon suunnittelua varten tehtävissä mittauksissa. CBCT:n avulla alaleuan anatomiset rakenteet kuten leukaluun määrä ja muoto sekä hermoverisuonikimppu on paikallistettavissa luotettavasti ja näin implanttiruuvien paikan suunnittelu helpottuu. Kartiokeilatomografia-laitteiden kuvanlaatu on todettu riittäväksi hampaiston ja leukojen alueen kuvantamiseen ja sen etuna on oleellisesti pienempi säteilyannos verrattuna monileike-TT-laitteisiin. (Suomalainen 2010.)

### 3.3 Materiaalien röntgenkuvausominaisuudet

Röntgenputkesta kohteeseen saapuva röntgensäteilykeila on intensiteetiltään homogeeninen, eli kuvattavan kohteen eri osien kohdalle saapuva säteily on samansuuruinen kaikkialla. Säteily vaimenee kuvattavassa kohteessa kulkiessaan. Vaimenemista tapahtuu sekä Compton sironnan että valosähköisen absorptioin. Näiden tekijöiden osuus riippuu kohdemateriaalista ja käytetyn säteilyn energiasta. Compton sironnassa säteilykvantti kääntää suuntaansa ja menettää tehoa, joka riippuu siirtämisikulman suuruudesta. Valosähköisessä absorptiossa säteily törmää kohdeatomien elektroneihin ja sinkoaa tämän ulos atomista. Elektroni lähtee tavallisesti sisimmältä kuorelta eli K-kuorelta. (Kormanen ym. 1998: 19.)

Materiaalit läpäisevät röntgensäteitä eri tavoin. Säteilyn vaimennukseen vaikuttavat materiaalien fysikaaliset ominaisuudet, lähinnä elektronitiheys, sekä kuvauksessa käytetty röntgensäteilyn energiajakauma, joka puolestaan määräytyy röntgenputken anodimateriaalista, käytetystä putkijännitteestä (kVp) ja suodattuksesta. (Kortesniemi 2008.) Tiheät materiaalit, kuten kipsi, läpäisevät vähän röntgensäteitä. Aineet tai materiaalit, joilla on pieni tiheys kuten ilmalla, taas läpäisevät röntgensäteitä hyvin. (Kaukua – Mustajoki 2008.) Säteilyn vaimenemiseen vaikuttaa myös materiaalin paksuus. Paksu kerros materiaalia vaimentaa säteilyä enemmän, kuin ohut kerros. Röntgensäteilyn energia ei saa olla liian suuri eikä liian vähäinen. Energian ollessa suuri, erot hämärtyvät, eikä materiaaleista saada diagnostista kuvaa. Jos röntgensäteily on liian vähäenergistä, se ei läpäise materiaalia riittävästi eikä kuvaa saada muodostettua. (Whaites 2002: 177–178.) Mitä enemmän röntgensäteitä pääsee materiaalista läpi, sitä mustempana kuvattu kohde näkyy röntgenkuvassa. Ne kohdat, joita röntgensäteily ei läpäise hyvin, jäävät vaaleammiksi. Siten huonosti säteitä läpäisevät materiaalit näkyvät kuvissa vaaleina. (Kaukua – Mustajoki 2008.)

Yleisesti ottaen röntgenkuvaus perustuu röntgensäteiden erilaiseen absorptioon eli vaimentumiseen erilaisissa materiaaleissa tai kudoksissa. Kuvauksessa saadusta tallenteesta materiaalien tai kudoksien ”varjot”, eli kuinka paljon materiaali on vaimentanut röntgensäteilyä, näkyvät erilaisina tummuusasteina. (Hiltunen ym. 2009: 540.) Materiaalien absorptiokyky, eli kyky vaimentaa röntgensäteilyä, ilmaistaan suhteellisina TT-lukuina eli HU-arvoina. Vertailukohteena on puhdasvesi, jonka TT-luku

on nolla. Yleisesti materiaalien TT-luku vaihtelee -1000:sta +4000:een. Samasta kuvatiedostosta voidaan tuottaa erilaisia kuvia, kun kuvaa muodostettaessa käytetään tietty osa tiedostosta. Kuvan piirtämistä varten valitaan tietynlainen kanavan leveys eli ikkuna siten, että vain näitä Hounsfieldin lukuja käytetään kuvan piirtämisessä. (Hiltunen ym. 2009: 548.) Ikkunan alarajan TT-luvun alapuolella olevat kohteet näkyvät mustina ja ylärajan yläpuolella olevat valkoisina. Kanavan leveydellä, eli ikkunan alueella, oleviin TT-lukuihin liitetään harmaa-asteikko, jolloin kohteesta nähdään siinä olevat absorptioerot erilaisina tummuusasteina. (Technical description of CBCT 2009.)

## 4 Kartoituksen toteuttaminen

Opinnäytetyö on hankkeistettu ja se toteutetaan monimuotoista menetelmää käyttäen. Työn tarkoituksena on kartoittaa yrityksen tarkoitusta varten helposti muotoiltava materiaali, jolla on sopivat röntgenkuvausominaisuudet. Kartoituksen toteutus jakautuu kokeelliseen tutkimukseen, yritykselle annettavaan tiiviiseen tutkimusraporttiin sekä teoriaan pohjautuvaan laajaan kirjalliseen tuotokseen.

Kokeellista tutkimusta aiheesta suoritettiin kahdessa paikassa, Metropolia Ammattikorkeakoulussa ja PaloDEX Group Oy:n tiloissa Tuusulassa. Metropolia Ammattikorkeakoulun tiloissa valmistettiin testikappaleet erilaisista kipsilaaduista sekä näytekappaleet tutkittavista materiaaleista. Metropolia Ammattikorkeakoululla valmistettiin myös jatkokuvauksia varten oikeaan suunnittelumalliin verrattavissa olevat kipsimallit. Näiden päälle muotoiltiin kolmen ja yhden yksikön mallinnukset proteettisesta työstä, kuten todellisessakin tilanteessa tullaan tekemään. Muotoiluun käytettiin ensimmäisistä kuvauksista parhaimmaksi todettua materiaalia sekä muutamaa uutta materiaalia. Testattavat materiaalit valittiin siten, että ne löytyisivät jo entuudestaan laboratorioista tai päivittäistavarakaupoista, jotta käyttötarkoitukseen sopiva materiaali olisi mahdollisimman helposti saatavilla, helposti muotoiltavissa sekä kustannustehokas.

PaloDEX Group Oy:n tiloissa Tuusulassa materiaalit kuvattiin Instrumentarium dental OP300 3D-röntgenlaitteella. Tarkoituksena oli kartoittaa materiaali, josta pystytään tekemään diagnostinen mallinnus suunnittelumallille ja joka on röntgentiheydeltään noin puolessa välissä ilman (HU-arvo -1000) ja valitun kipsin tiheyttä, jotta se erottuu 3D-röntgenkuvissa selvästi molemmista. Jotta materiaali erottuisi kipsimallista mahdollisimman tarkasti, saa sen tiheys olla tarvittaessa hieman lähempänä ilman tiheyttä kuin kipsimallin. Valitsimme röntgentiheydeltään korkeimman kipsin, jotta kipsimallin ja ilman HU-arvojen erotus olisi mahdollisimman suuri. Tällöin materiaalien tiheyserot saadaan mahdollisimman suuriksi ja näin materiaalit erottuvat kuvissa toisistaan mahdollisimman hyvin.

OPINNÄYTETYÖ ON TEHTY SALASSAPITOSOPIMUKSEN ALAISENA.  
KAPPALEET 4.1 - 5 ON POISTETTU NIIDEN SALASSA PIDETTÄVÄN SISÄLLÖN  
JOHDOSTA.

## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli kartoittaa materiaali, jolla on sopivat 3D-röntgenkuvausominaisuudet, eli oikea HU-arvo, ja jonka muotoileminen on helppoa. (Tekstiä poistettu) Keräsimme materiaaleja, joita olisi helppo hankkia ja jotka olisivat muotoiltavissa. Näistä materiaaleista otettiin 3D-röntgenkuvat HU-arvojen testaamiseksi. Testikuvia analysoimalla ja muut materiaalille asetetut vaatimukset huomioiden saimme selville parhaan mahdollisen materiaalin. Tiiviin tutkimusraportin valmistumisen jälkeen tulokset tarkentuivat siten, että vain materiaali A soveltuu yrityksen tarkoitukseen.

Testikuvaukset ovat keskenään vertailukelpoisia, sillä kaikki testikuvat on otettu samalla laitteella ja samoilla kuvausarvoilla. Emme nähneet tarvetta ottaa samasta testikappaleesta useaa kuvaa samoilla kuvausarvoilla, sillä laitteet ovat hyvin tarkkoja, eikä pienillä HU-arvojen eroilla ole tutkimuksen kannalta merkitystä. Erot voivat johtua muun muassa kuvattavan materiaalin paksuudesta ja materiaalin sisäisistä tiheyseroista. Laite laskee itse kappaleen HU-arvojen keskiarvon, joten inhimillisen virheen mahdollisuus poistuu. Kartoituksen tekemiseen osallistui kolme tutkijaa ja yhteistyöyrityksen henkilökuntaa. Yrityksen työntekijöillä on korkein ammattitaito käyttää kuvauslaitteita. Tulokset kirjattiin huolellisesti ylös ja ne ovat nähtävissä kuvausmateriaaleista. Tällöin voidaan todeta, että tutkimuksen reliabiliteetti on hyvä, eli tutkimus on luotettava. Tutkimuksen valideetti toteutui, sillä kartoituksessa löydettiin materiaali, joka täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset ja kartoituksessa tutkittiin juuri sitä mitä oli tarkoitus. Opinnäytetyön on ennen julkistamista tarkastanut yritykseen liittyvien asiavirheiden välttämiseksi PaloDEx Group Oy.

Kartoituksen toteuttamiseen liittyviä riskejä olivat työn salassapitovaatimukset, sillä opiskeluympäristössä kartoituksen tekeminen muiden näkemättä on lähes mahdotonta. Tutkimuksen tulokset pysyivät kuitenkin salassa, sillä työstä ei keskusteltu ulkopuolisten kuullen ja työhön liittyviä materiaaleja säilytettiin lukitussa kaapissa. Kartoitus suoritettiin tiukalla aikataululla ja testikuvaukset tehtiin yhteistyöyrityksen tiloissa yrityksen henkilökunnan kanssa, joten aikataulujen yhteen sovittaminen oli haasteellista. Kartoitus saatiin kuitenkin suoritettua ja raportoitua aikataulun mukaisesti.

Väljempi aikataulu olisi antanut mahdollisuuden pohtia ja selvittää mahdollisia testimateriaaleja perusteellisemmin ja laaja-alaisemmin. (Tekstiä poistettu) Näkemyksemme mukaan tekemämme rajausta ei kuitenkaan anna aiheutta epäillä tutkimuksen luotettavuutta.

(Kappale poistettu)

Vaikka materiaali A täyttääkin kaikki materiaalille asetetut vaatimukset, se ei ole ominaisuuksiltaan täydellinen. Materiaalin muotoilu on helppoa, mutta tarkan ja yksityiskohtaisen hampaan muotoilu siitä voi olla haasteellista ja aikaa vievää. (Tekstiä poistettu) Katsoimme kuitenkin, että nämä asiat eivät anna aiheutta etsiä toista materiaalia. Yleensä diagnostinen mallinnus tehdään yksityiskohtaiseksi ja tarkaksi, mutta tässä työssä se ei ollut kuitenkaan keskeistä. Diagnostisen mallinnuksen oikeat mittasuhteet suussa olevaan hampaistoon nähden riittävät implanttiruuvien sijainnin suunnitteluun. (Tekstiä poistettu)



## Lähteet

Company. PaloDEx Group. Verkkodokumentti.

<[http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document\\_id=2&cat\\_id=2](http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document_id=2&cat_id=2)>. Luettu 12.2.2013.

Gröndahl, Hans-Göran – Gröndahl, Kerstin 2010. Radiologinen tutkimus ennen implanttihoitoa. Suomen Hammaslääkärilehti 3. 30-37.

Gröndahl, Hans-Göran – Petersson, Arne – Suomalainen, Anni 2009. Tietokonetomografiat. Suomen Hammaslääkärilehti 4. 20-29.

Hiltunen, Erkki – Holmberg, Peter – Jyväskylä, Erkki – Kaikkonen, Matti – Lindblom-Yläne, Sari – Nienstedt, Walter – Wähälä, Kristiina 2009. Galenos, Johdanto lääketieteen opintoihin. Helsinki: WSOYpro Oy.

Hohmann, Arnold – Hielscher, Werner 2004. Lehrbuch der Zantechnik Band 2. Berlin: Quintessenz Verlags- GmbH.

IPS E.max Press 2009. Käyttöohje. Liechtenstein: Ivoclar Vivadent AG.

Kaukua, Jarmo – Mustajoki, Pertti 2008. Röntgenkuvat. Verkkodokumentti.

<[http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=snk04021](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk04021)>. Luettu 12.2.2013.

Kormano, Martti – Laasonen, Erkki M. – Soimakallio, Seppo – Standertskjöld-Nordenstam, Carl-Gustaf – Suramo, Ilkka 1998. Kliininen radiologia. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kortesniemi, Mika 2008. Verkkodokumentti. <<http://physicomedicae.fi/julkaisut/muut-julkaisut/83-tt>>. Luettu 1.3.2013.

Lakoma, Anni 2011. Implanttihoito alkaa suunnittelusta. Suomen Hammaslääkärilehti 5. 17.

OP300. Instrumentarium dental. Kuva. < <http://www.op300.com/implantology/>>. Luettu 12.2.2013.

Orthopantomograph-op300. Instrumentarium dental. Verkkodokumentti.

<<http://www.instrumentariumdental.com/products/orthopantomograph-op300.asp>>. Luettu 12.2.2013.

PaloDEx Group. PaloDEx Group. Verkkodokumentti.

<<http://www.palodexgroup.com/>>. Luettu 12.2.2013.

Peltola, Juha – Turunen, Tia 1996. Suunnittelu ja ohjausproteesin käyttö implantologiassa. Hammasteknikko 4. 4-9.

Sandholm, Joonas PaloDEx Group 2012. Suullinen tiedonanto. Helsinki.

Suomalainen, Anni 2010. Cone beam computed tomography in oral radiology. Verkkodokumentti. <<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-6101-1>>. Luettu 27.2.2013.

Technical description of CBCT. Sedentexct. Verkkodokumentti.  
<<http://www.sedentexct.eu/content/technical-description-cbct>>. Luettu 12.2.2013.

The PaloDEX Group's history. PaloDEX Group. Verkkodokumentti.  
<[http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document\\_id=12&cat\\_id=2](http://www.palodexgroup.com/Products.asp?document_id=12&cat_id=2)>. Luettu 12.2.2013.

Whaites, Eric 2002. Essentials of Dental Radiography and Radiology, Third Edition.  
London: Churchill livingstone.

Yamamoto, Makoto 1985. Metal-ceramics. Principles and Methods of Makoto Yamamoto. Chicago: Quintessence Publishing Co., Inc.

(Liite poistettu)

